

пасажиropотоку у перевезеннях на окремих станціях. Для того, щоб пом'якшити такі проблеми, основна увага приділяється розподілу пасажирів та координації з відповідними графіками. План відправлення пасажирів на певний період може бути попередньо розрахований через платформу бронювання. Таким чином, по - перше, пропонується модель максимізації корисності знаходження пасажирів у пересадочних вузлах, що доводить існування оптимального розподілу перевезення потоків з максимальною корисністю в умовах перенасичення інфраструктури для будь-якої мережі. Модель вирішується за допомогою алгоритму ітерації Ньютонa. Крім того, модель максимізації корисності транспортної мережі побудована шляхом спільної оптимізації розподілу пасажирів та графіку прямування транспортних засобів, тим самим заощаджуючи експлуатаційні витрати на переміщення та обслуговування транспортних засобів, гарантуючи обґрунтованість розподілу пасажирів на стратегічному рівні планування (при розрахунках планів формування пасажирських поїздів). Результати показують, що модель може разом ефективно оптимізувати розподіл пасажирів та графік руху транспортних засобів як в економічному сенсі для менеджерів інфраструктури, так і в пасажироорієнтованому, і пасажирів можуть впорядковано пройти «вузьке» місце.

Для покращення доступності транспортних мереж для пасажирів, важливо координувати графік поїздів на різних лініях, раціоналізувати час обслуговування транспортних засобів. Для пересадочних вузлів характерним є наявність значної кількості транзитних пасажирів. Щоб допомогти транспортним операторам у визначенні найбільш «небезпечних» місць затримки та найбільш вразливих моментів пересадки, запропоновано оцінювати вплив затримок поїздів на оптимізацію графіку.

Список використаних джерел

1. Çelebi D., İmre Ş. Measuring crowding-related comfort in public transport / D. Çelebi, Ş. İmre // Transp. Plan. Technol. – 2020. – P. 1-16.

Кошевий С. В., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ ЛОКОМОТИВНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ У РЕЙКОВИХ КОЛАХ З ДРОСЕЛЬ- ТРАНСФОРМАТОРОМ ВІДВЕДЕННЯ ЗВОРОТНОГО ТЯГОВОГО СТРУМУ НА ТЯГОВУ ПІДСТАНЦІЮ

Щоб реалізувати швидкісний рух, потрібні великі, ніж у звичайного електрорухомого складу (ЕРС)

існуючих типів, потужності і сили тяги для подолання різко зростаючого опору руху. Так, при русі з дозвуковими швидкостями можна знехтувати опором тертя кочення і вважати, що основний опір руху на рівні землі обумовлений опором повітряного середовища. Дослідженнями встановлено, що цей опір підпорядковується квадратичній залежності від швидкості руху:

$$W = \alpha \cdot S \cdot v^2,$$

де α – коефіцієнт обтічності; S – площа поперечного перерізу рухомого складу; v – швидкість руху рухомого складу.

Тоді при повному використанні сили зчеплення коліс з рейками та рухом зі сталою швидкістю питома сила опору руху дорівнює силі зчеплення коліс з рейками:

$$F = \alpha \cdot S \cdot v^2.$$

Отже, для реалізації високих швидкостей необхідна потужність,

$$P = F \cdot v = \alpha \cdot S \cdot v^3.$$

Таким чином, для підвищення швидкості руху ЕРС в 2 рази потрібно збільшити його потужність в 8 разів. Навіть якщо врахувати значне зниження коефіцієнта зчеплення з ростом швидкості руху, то і тоді буде потрібно потужність збільшити приблизно в 6 разів. Наприклад, якщо при русі електропоїзда ЕР2 з конструкційною швидкістю реалізується питома потужність 12 кВт/т, то для подолання збільшення опору від тертя об повітря з ростом швидкості і досягнення швидкості, що в 2 рази вище існуючої конструкційної, потрібна, як мінімум, питома потужність 72 кВт/т, що приводить до значного збільшення тягового струму у контактній мережі та ходових рейках.

Якщо у межах залізничної станції, де використовується електрична тяга поїздів, розміщена тягова підстанція, для контролю стану окремих приймально-відправних колій використовують рейкові кола (РК) з встановленим додатковим дросель-трансформатором (ДТс), який використовується для відведення зворотного тягового струму з рейкової лінії (РЛ) на тягову підстанцію.

У роботі проведено розрахунки магнітної проникності осердя ДТс як функції напруженості поля $\mu = f(H)$ (крива Столстова) при значному підвищенні зворотного тягового струму в рейках в умовах використання швидкісного ЕРС. При збільшенні H від нуля кут нахилу (відповідно і μ) спочатку зростає, досягає максимуму у точці дотичної з нуля до основної кривої намагнічування, а далі при необмеженому

зростанні H магнітна проникність зменшується асимптотично до 1.

Магнітна проникність μ та індуктивність L взаємозв'язані співвідношенням, з якого витікає:

$$L = \mu\mu_0 \frac{N^2 S}{l}, \quad (1)$$

де N – кількість витків; l – довжина середньої лінії осердя; S – площа поперечного перерізу осердя.

Внаслідок зменшення μ зменшується L . З урахуванням (1) отримаємо:

$$i_1(t) = \frac{1}{L} \int u_1(t) dt = \frac{l}{\mu\mu_0 N^2 S} \int u_1(t) dt \quad (2)$$

Тобто, струм $i_1(t)$ в основній обмотці ДТс є зворотно пропорційним до магнітної проникності ($i_1(t) \sim \frac{1}{\mu}$). Співвідношення (2) дозволяє пояснити процеси, що проходять при насиченості осердя ДТс. За умови зниження проникності μ магнітопроводу ДТс струм в його основній обмотці зростає.

Зростання струму також пояснюється тим, що згідно (2) падіння μ приводить до зменшення L основної та додаткової обмоток ДТс, що вплине на значення частоти резонансу f_p резонансного контуру (додаткова обмотка ДТс, ТрС і конденсатор C_{oc}). Зменшення значення L збільшує резонансну частоту контуру f_p відносно частоти струму кодування АЛС, що призводить до зменшення повного опору основної

обмотки ДТс внесенням в основну обмотку через коефіцієнт трансформації приведенного опору вторинної обмотки. За умови зменшення повного опору основної обмотки ДТс (зменшення реактивної складової опору) та виходу з режиму резонансу ТрС- C_{oc} основна обмотка ДТс для кодового струму АЛС стає відгалуженням із зменшеним опором, через яке замикається частка цього струму. Тому за умови кінцевої потужності джерела кодування знижується струм в рейках під приймальними котушками локомотиву.

Фактором, що може впливати на роботу РК у режимі АЛС при використанні швидкісного ЕРС, також є температурний коефіцієнт магнітної проникності TK_μ . Температура T , при якій μ падає

практично до нуля, зветься температурою Кюрі (T_K).

При $T > T_K$ процес намагнічування розладжується, осердя перестає бути феромагнітним (за властивостями стає парамагнетиком).

В роботі представлена розрахункова електрична схема заміщення РК з трьома ДТ в режимі АЛС. Проведено розрахунки залежності сигнального струму АЛС від координати поїзного шунта при різних режимах насичення ДТс (рис. 1).

Зниження повного опору ДТс внаслідок насичення його осердя з урахуванням зміни вхідного опору РЛ за умови переміщення поїзного шунта вздовж РЛ від її вхідного кінця до ДТс приводить до перерозподілу струмів між ДТс та струмовим шлейфом РЛ від ДТс до поїзного шунта ЕРС.

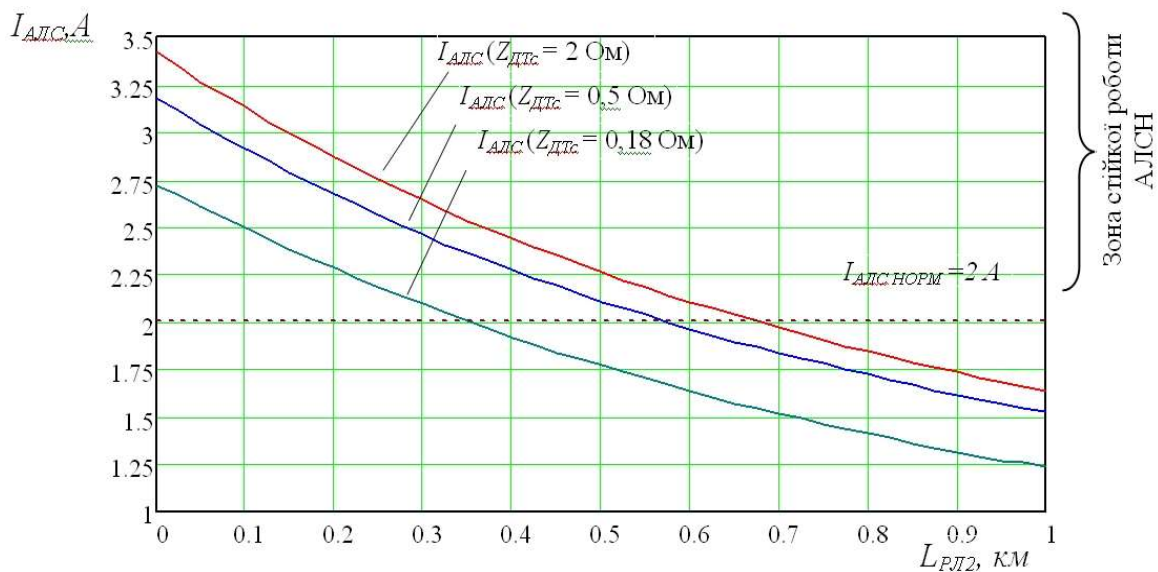


Рис. 1. Залежність струму АЛС під локомотивними ПК від відстані поїзного шунта до ДТс при різних значеннях повного опору основної обмотки ДТс

Проявом такого перерозподілу струмів є втрата кодування РЛ струмом АЛС. В умовах швидкісного руху таке явище можна уникнути, використовуючи ДТс, які розраховані на тягові струми, що споживаються швидкісним ЕРС.

Список використаних джерел

1. Кошевий С.В. Дослідження умов роботи локомотивних пристроїв АЛС при безупинному проходженні поїзда через станцію [Текст] / С.В. Кошевий, Ю.В. Соболев, М.С. Кошевий, С.М. Бібіков // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2009. – № 1 (74). – С. 32 – 43.
2. Сороко В.И. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики. Справочник [Текст]: в 2-х т. / В.И. Сороко, В.А. Милуков. – 3 изд. – М.: МПФ «ПЛАНЕТА». 2000 – 960 с. – Кн. 1.
3. Тамм И.Е. Основы теории электричества [Текст] / И.Е. Тамм. – М.: Наука, 1976. – 386 с.

*Мойсеєнко В. І., д.т.н., професор (УкрДУЗТ),
Гаєвський В. В., к.т.н. (директор ТОВ
«НВП «Залізничавтоматика»)*

КОНЦЕПЦІЯ РОЗРОБКИ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ ДЛЯ МАЛИХ СТАНЦІЙ В КОНТЕКСТІ ІНЖЕНЕРІЇ 4.0

Інфраструктура залізничного транспорту загального та незагального користування складається у переважній більшості з станцій 3 - 4 - 5 класів. На відміну від більш потужних вони, як правило оснащені морально та фізично застарілим технічним обладнанням.

Незважаючи на докорінні зміни у елементній базі мікропроцесорних систем промислової автоматики мікропроцесорні системи централізації продовжують по суті копіювати структуру релейних систем централізації. Характерною ознакою релейних систем з центрального живлення та розміщення апаратури є надання живлення для роботи об'єктів керування та контролю від поста централізації. При цьому пристрої логіки централізації фактично виконують функцію комутаторів живлення. Приймаючи до уваги особливості використання електромеханічних пристроїв, які забезпечують логіку роботи системи централізації такий підхід є цілком виправданий, й забезпечує кращі показники відмовостійкості та ремонтпридатності.

Сучасна електронна техніка кардинально відрізняється від релейної, вона практично не потребує регламентного обслуговування, стійка до високого

рівня вологості, перепадів температур, тощо. Прикладом можуть слугувати системи автоматики автомобільного авіаційного та морського транспорту[1,2,3].

Аналіз перших релейних систем централізації з місцевим живленням та місцевими залежностями показує, що вся комутація кіл керування напільних пристроїв відбувалася безпосередньо біля них, що дуже спрощувало кабельну мережу станції.

Дещо подібну структуру мають окремі модифікації МПЦ ЕВІЛОСК, МПЦ – Д, МПЦ – С (к), МПЦ – У, але кожна з них має свої особисті відмінності [4,5].

Характерною ознакою подібних систем є відсутність комутації кіл напільного обладнання з поста централізації. В подібних системах інформація від логіки централізації надходить до об'єктних контролерів через комп'ютерну мережу, а кола напільних об'єктів комутуються ключами К1, К2, К3,...Кп об'єктних контролерів.

Такий підхід робить не критичним місце знаходження технічних засобів логіки централізації, не потрібно мати потужну силову установку для живлення системи, бо воно фактично стає розгалуженням, крім того з'являються нові можливості з резервування живлення.

Зважаючи на сучасні тенденції ринку праці та особливості розташування малих станцій (заввичай це дуже малі населенні пункти, де завжди існувала проблема з кваліфікованими кадрами) головною вимогою є висока відмовостійкість, при заданому рівні функційної безпечності. Виходячи з зазначеного всі основні функції системи повинні дублюватися, або резервуватися таким чином, щоб забезпечити стійку роботу МПЦ до моменту приїзду обслуговуючого персоналу.

Також необхідно передбачати нові функції систем МПЦ за використанням інструментів Індустрії 4.0 (Digital Twins, EDGE Computing) [6,7] які дозволяють провести аналіз станів елементів системи, обробити дані безпосередньо біля об'єкту та передати інформацію про працездатність системи технічному персоналу та на АРМи вищого рівня.

На рис. 1 показана структурна схема системи МПЦ для малих станцій з об'єктними контролерами парної та непарної горловин, відповідно ОКПГ та ОКНГ до вихідних кіл яких підключені напільні пристрої, тобто стрілки, сигнали та рейкові кола. Об'єктні контролери будуються за двоканальною схемою з резервуванням процесорних, модулів живлення та відповідальних функціональних модулів.

Побудова підсистеми логіки централізації здійснена по класичній двоканальній схемі з повним резервуванням всіх компонентів. У конкретному випадку можливе спрощення при якому резервуються тільки модуль живлення та процесорні модулі з використанням гарячого резервування.